

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-167441

(43)Date of publication of application : 13.06.2003

(51)Int.Cl.

G03G 15/09  
G03G 9/08  
G03G 9/107  
G03G 15/08

(21)Application number : 2001-367958

(71)Applicant : RICOH CO LTD

(22)Date of filing : 30.11.2001

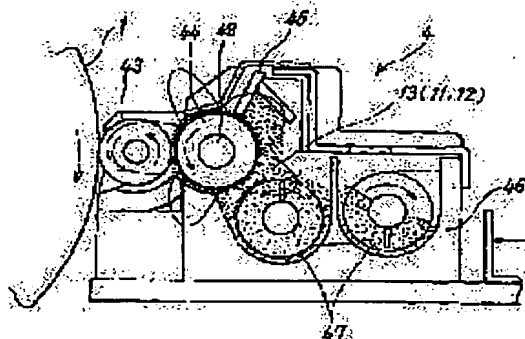
(72)Inventor : KOYAMA HAJIME  
AOKI KATSUHIRO  
GOTO KAZUO  
IKEGUCHI HIROSHI

## (54) DEVELOPING DEVICE, IMAGE FORMING METHOD AND IMAGE FORMING APPARATUS

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a developing device capable of preventing toner scattering at the time of developing and preventing the adhesion of carrier to a latent image carrier at the time of developing, and to provide an image forming method and an image forming apparatus capable of yielding a high-quality image where insufficient toner concentration or the change of toner concentration is restrained and which is fine and smooth and free from surface staining by using the developing device.

**SOLUTION:** Small particle diameter carrier, whose volume average particle diameter is  $\leq 50 \mu\text{m}$ , is used as the carrier of developer in the developing device 4. A toner coating rate over the surface of the carrier obtained just after a magnetic brush consisting of two-component developer including toner passes through a developer amount regulating member (doctor) regulating the amount of the developer is set to the range of 30 to 100%. The ratio of the toner to the carrier in the developer is controlled so that the average magnetic susceptibility of the developer per unit volume except a void part may be  $\geq 50 \text{ emu/cc}$ . Thus, the toner scattering is prevented and the adhesion of the carrier to a photoreceptor drum 1 is prevented.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

27.09.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2003-167441  
(P2003-167441A)

(43)公開日 平成15年6月13日(2003.6.13)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)
G 0 3 G 15/09		G 0 3 G 15/09	Z 2 H 0 0 5
9/08		9/08	A 2 H 0 3 1
9/107		15/08	2 H 0 7 7
15/08	5 0 2		5 0 2 C
			5 0 4 A

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 17 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2001-367958(P2001-367958)

(22)出願日 平成13年11月30日(2001.11.30)

(71)出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72)発明者 小山 一

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式  
会社リコー内

(72)発明者 青木 勝弘

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式  
会社リコー内

(74)代理人 100098626

弁理士 黒田 壽

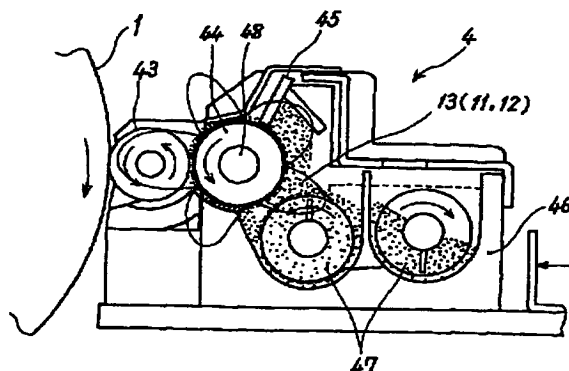
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 現像装置、画像形成方法及び装置

(57)【要約】

【課題】 現像時におけるトナー飛散を防止でき、且つ現像時における潜像担持体へのキャリアの付着を防止できる現像装置、該現像装置を用いてトナー濃度不足やトナー濃度変化の少ない緻密で滑らか且つ地肌汚れの無い高品質な画像を得ることができる画像形成方法、及び画像形成装置を提供すること。

【解決手段】 現像装置4の現像剤のキャリアとして、体積平均粒径が50 $\mu$ m以下の小粒径のキャリアを使用する。また、トナーを含む2成分現像剤による磁気ブラシが、現像剤量を規制する現像剤量規制部材(ドクタ)を通過した直後の、キャリア表面上のトナー被覆率を、30%~100%の範囲とし、上記現像剤の空隙部分を除く単位体積当りの平均磁化率が50emu/cc以上になるように、上記現像剤のトナーとキャリアとの割合を制御する。これにより、トナー飛散を防止でき、且つ感光体ドラム1へのキャリア付着を防止できるようになる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 トナーとキャリアとを含む現像剤を磁力により担持する現像剤担持体と、該現像剤担持体の表面に上記現像剤を供給する現像剤供給手段と、該現像剤供給手段により該現像剤担持体の表面に供給される現像剤量を規制する現像剤量規制部材と、該現像剤量規制部材により現像剤量が規制された現像剤を、潜像が形成された潜像担持体と上記現像剤担持体とが対向する現像領域で磁力により穂立ちさせて、該現像剤担持体上に磁気ブラシを形成する現像主磁極とを有する現像装置において、上記キャリアの体積平均粒径を $50\mu\text{m}$ 以下、上記現像主磁極中心に対応する現像剤担持体の表面の磁束密度を $50\text{mT}$ 以上とし、上記現像剤量規制部材により現像剤量が規制された直後の上記現像剤担持体上に供給された現像剤のキャリア表面のトナー被覆率が $30\%\sim 100\%$ になり、上記現像剤の空隙部分を除く単位体積当りの平均磁化率が $50\text{emu/cc}$ 以上になるように、上記現像剤のトナーとキャリアとの割合を制御する制御手段を有していることを特徴とする現像装置。

【請求項2】 潜像担持体の表面を一樣に帯電し画像情報に基づいて露光することにより該潜像担持体上に潜像を形成し、現像剤を磁力により担持する現像剤担持体の表面に、トナーとキャリアとを含む現像剤を、現像剤規制部材により現像剤量を規制しながら供給し、該現像剤量規制部材により現像剤量が規制された現像剤を、上記潜像担持体と上記現像剤担持体とが対向する現像領域で、該現像剤担持体の現像主磁極の磁力により穂立ちさせ、該穂立ちにより上記現像剤担持体上に形成した磁気ブラシにより、上記潜像担持体上に形成した潜像をトナー像化した後、該潜像担持体上のトナー像を転写材に転写する画像形成方法において、上記キャリアの体積平均粒径を $50\mu\text{m}$ 以下、上記現像主磁極中心に対応する現像剤担持体の表面の磁束密度を $50\text{mT}$ 以上とし、上記現像剤量規制部材により現像剤量が規制された直後の上記現像剤担持体上に供給された現像剤のキャリア表面のトナー被覆率が $30\%\sim 100\%$ になり、上記現像剤の空隙部分を除く単位体積当りの平均磁化率が $50\text{emu/cc}$ 以上になるように、上記現像剤のトナーとキャリアとの割合を制御して画像形成を行うことを特徴とする画像形成方法。

【請求項3】 潜像担持体と、該潜像担持体の表面を一樣に帯電し画像情報に基づいて露光することにより該潜像担持体上に潜像を形成する潜像形成手段と、トナーとキャリアとを含む現像剤により上記潜像担持体上の潜像を現像してトナー像化する現像手段と、該潜像担持体上のトナー像を転写材に転写する転写手段とを備えた画像形成装置において、上記現像手段として、上記現像剤を磁力により担持する現像剤担持体と、該現像剤担持体の表面に上記現像剤を供給する現像剤供給手段と、該現像剤供給手段により該

現像剤担持体の表面に供給される現像剤量を規制する現像剤量規制部材と、該現像剤量規制部材により現像剤量が規制された現像剤を、潜像が形成された潜像担持体と上記現像剤担持体とが対向する現像領域で磁力により穂立ちさせて、該現像剤担持体上に磁気ブラシを形成する現像主磁極と、上記キャリアの体積平均粒径を $50\mu\text{m}$ 以下、上記現像主磁極中心に対応する現像剤担持体の表面の磁束密度を $50\text{mT}$ 以上とし、上記現像剤量規制部材により現像剤量が規制された直後の上記現像剤担持体上に供給された現像剤のキャリア表面のトナー被覆率が $30\%\sim 100\%$ になり、上記現像剤の空隙部分を除く単位体積当りの平均磁化率が $50\text{emu/cc}$ 以上になるように、上記現像剤のトナーとキャリアとの割合を制御する制御手段とを有する現像装置を使用して、画像形成を行うことを特徴とする画像形成装置。

【請求項4】 請求項1の現像装置において、上記キャリアの空隙部分を除く単位体積当りの平均磁化率が、 $1\text{kOe}$ 磁場中で $50\text{emu/CC}$ 以上であることを特徴とする現像装置。

【請求項5】 請求項1又は4の現像装置において、上記キャリアは、磁場中の動的電気抵抗が、 $10^6\Omega$ オーダー以上の磁性粒子からなることを特徴とする現像装置。

【請求項6】 請求項1、4又は5の現像装置において、上記現像剤量規制部材により現像剤量が規制された直後の上記現像剤担持体上に供給された現像剤中のトナーの、単位質量当りの平均帯電量の絶対値が、 $5\mu\text{c/g}$ 以上であることを特徴とする現像装置。

【請求項7】 請求項1、4、5又は6の現像装置において、上記現像剤担持体から上記潜像担持体に対して、電界作用による静電力で上記磁気ブラシ中のトナーを受け渡す現像領域の最下流部の、該現像剤担持体の法線方向の磁束密度が、 $60\text{mT}$ 以上であることを特徴とする現像装置。

【請求項8】 請求項1、4、5、6又は7の現像装置において、上記キャリアの平均球形度が、 $0.8$ 以上であることを特徴とする現像装置。

【請求項9】 請求項1、4、5、6、7又は8の現像装置において、上記潜像担持体と上記現像剤担持体との間に配置されて、上記現像剤量規制部材により現像剤量が規制された後の上記現像剤担持体上に形成した磁気ブラシに対向して回転するトナー担持体を有し、該トナー担持体と上記現像剤担持体との間に電界を印可して、該現像剤担持体から該トナー担持体に対してトナーのみを転移・担持させ、該トナー担持体上に転移・担持したトナーで上記潜像担持体上の潜像を現像することを特徴とする現像装置。

【請求項10】請求項1、4、5、6、7、8又は9の現像装置において、

上記トナーの上記現像剤の補給動作と連動又は独立して、上記キャリアを使用済みキャリアの一部と入れ替えて上記現像剤に補充するキャリア補充手段を有していることを特徴とする現像装置。

【請求項11】請求項9の現像装置において、上記トナー担持体の表面に近接するように対向配置されて、該トナー担持体の表面に付着したキャリアを補足するキャリア補足手段を有していることを特徴とする現像装置。

【請求項12】請求項9又は11の現像装置において、上記トナーの現像又は供給ポテンシャル（絶対値）が、400V以下であることを特徴とする現像装置。

【請求項13】請求項1、4、5、6、7、8、9、10、11又は12の現像装置において、上記トナーの体積平均粒径が、4～9μmであることを特徴とする現像装置。

【請求項14】請求項1、4、5、6、7、8、9、10、11、12又は13の現像装置において、上記トナーが磁性トナーであることを特徴とする現像装置。

【請求項15】請求項7の現像装置において、上記現像剤担持体の表面線速が、900mm/sec以下であることを特徴とする現像装置

【請求項16】請求項8の現像装置において、上記キャリアの芯材が、 $\text{MO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ （Mは2価の金属イオン）の組成を持つ一群のフェライトからなることを特徴とする現像装置。

【請求項17】請求項11の現像装置において、上記キャリア補足手段により補足したキャリアを、上記現像剤に戻すことを特徴とする現像装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、プリンタ、ファックス、複写機等の画像形成装置における現像装置、画像形成方法及び装置に関し、詳しくは、トナーとキャリアとからなる2成分現像剤を使用して、現像剤担持体と潜像担持体とが対向する現像領域（現像ニップ領域）で、潜像担持体上に形成した潜像をトナー像化する現像装置、この現像装置を用いて比較的低電位の条件下で画像形成を行う画像形成方法及び画像形成装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】この種の画像形成装置の現像装置においては、形成される画像の高画質化、及び画像形成速度の高速化にともない、潜像担持体上の潜像を現像する際の、トナー飛散の低減が必要不可欠な課題となっている。このようなトナー飛散を低減することを目的とした現像装置として、従来、特開平10-312105号公

報、特開平11-194525号公報などの「現像装置」が提案されている。

【0003】上記特開平10-312105号公報の現像装置は、複数の磁極を持ち現像剤を磁力担持しながら回転して潜像担持体表面の潜像を現像する現像ローラを用いている。また、この現像ローラに担持・搬送される現像剤の量を規制する現像剤規制部材（ドクタ）や、該ドクタの上流に設けられた開口を有する剤攪拌室を備えている。さらに、この剤攪拌室内には、現像剤のトナー濃度を検知するためのトナー濃度センサや、磁性キャリアとトナーとからなる現像剤を攪拌するためのアジテータが設けられている。また、上記剤攪拌室に連通するトナー補給用開口を有するトナー収容部や、このトナー収容部内でトナーを補給するためのアジテータを備えている。この現像装置においては、上記剤攪拌室における現像剤のトナー濃度を、所定の式で表されるキャリア被覆率が130%以下になるように設定して、トナー飛散を低減するようにしている。

【0004】また、特開平11-194525号公報の現像装置は、安全性に有利とされるマンガングネシウム系フェライトキャリアを含有する現像剤を使用している。そして、該マンガングネシウム系フェライトキャリア表面のトナー被覆率を30乃至65%とし、且つ30nm乃至2μmの平均粒径を有する導電性シリカ粒子を、トナー全重量に対し、0.05乃至0.3重量%外添して、トナー飛散の発生を防止するようにしている。

【0005】一方、上記2成分現像剤を用いる現像装置として、2成分現像剤からなる磁気ブラシで、上記潜像担持体上の潜像を直接現像するもの、あるいは該2成分現像剤からなる磁気ブラシを、1成分現像ローラへのトナー供給手段及びトナー薄層形成手段として用いて、上記潜像担持体上の潜像を、該磁気ブラシにより該1成分現像ローラに供給したトナーで、間接的に現像するものが実用化されている。

【0006】これらの現像装置においては、何れも上記キャリアの小粒径化が、形成画像の高画質化に有効である。すなわち、小粒径のキャリアを用いることにより、木目の細かい磁気ブラシを形成できるようになる。このような木目の細かな磁気ブラシにより、上記潜像担持体上の潜像を直接もしくは間接的に現像することで、磁気ブラシの摺擦による磁気ブラシマークや穂跡と呼ばれる画像のざらつき感を低減でき、画像欠陥の少ない均質な画像を得られるようになる。

【0007】また、同じ嵩量のキャリアでは、その粒径が小さくなるほど全体の表面積が大きくなって、より多くのトナーを静電気で担持することができる。従って、このような小粒径のキャリアを用いた現像では、現像剤のトナー濃度がある程度高くても、トナー飛散や地汚れを起こす虞が少なく、トナー濃度不足やトナー濃度変化の少ない画質が安定した画像を形成できる利点があ

る。

【0008】このようなことから、上記従来の画像形成装置の現像装置においては、現像剤担持体に供給される現像剤のトナー濃度をキャリア粒径及びトナー粒径に応じたトナー濃度に設定したり、キャリア表面のトナー被覆率を所定の範囲に制約したりして、トナー飛散を低減するようにしている。また、トナー濃度不足やトナー濃度変化の少ない画質が安定した画像を得るために、現像剤のトナー濃度のレベルを、トナー飛散を効果的に抑制できる範囲の、できるだけ高めのレベルに設定するようにしている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】ところが、前記従来の現像装置のように、2成分現像剤のトナー濃度のレベルを、トナー飛散を効果的に抑制できる範囲の、できるだけ高めのレベルに設定して、トナー濃度不足やトナー濃度変化の少ない画質が安定した画像を得るようにした場合、潜像担持体へのキャリア付着が起りやすくなる。

【0010】すなわち、上記2成分現像剤は、そのトナーとキャリアとが静電気力で互いに引き合うことにより、現像装置の現像剤担持体に対し一体的になって磁力により保持されて移動する。ここで、現像剤のトナー濃度が高い場合には、キャリア表面の全体が帯電トナーにより覆われた状態となり、現像剤担持体の磁力による現像剤全体としてのキャリアの磁化率が低下する。

【0011】このような磁化率が低下した現像剤は、現像剤担持体へのキャリアの吸着力が弱くなっている。このため、このようなトナー濃度のレベルが高い現像剤を用いた現像装置では、現像時にキャリアがトナーとともに現像剤担持体上から潜像担持体上に転移しやすくなって、潜像担持体へのキャリア付着が起りやすくなる。また、上述のようなトナー濃度のレベルが高い現像剤を用いた現像装置においては、トナーを担持するキャリアの磁化率の低下により、その現像剤担持体の回転により付与されるキャリアの運動エネルギーによって生じるキャリアの飛散や落下が多くなる。しかし、現状の現像装置では、上述したような現像時におけるトナー飛散の問題と、潜像担持体へのキャリア付着、キャリア飛散やキャリア落下の問題とを、同時に解決できる技術が確立されていなかった。

【0012】本発明は以上の背景に鑑みなされたものであり、その目的とするところは、現像時におけるトナー飛散を防止でき、且つ現像時における潜像担持体へのキャリアの付着を防止できる現像装置、該現像装置を用いてトナー濃度不足やトナー濃度変化の少ない緻密で滑らか且つ地肌汚れの無い高品質な画像を得ることができる画像形成方法、及び画像形成装置を提供することである。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため

に、請求項1の発明は、トナーとキャリアとを含む現像剤を磁力により担持する現像剤担持体と、該現像剤担持体の表面に上記現像剤を供給する現像剤供給手段と、該現像剤供給手段により該現像剤担持体の表面に供給される現像剤量を規制する現像剤量規制部材と、該現像剤量規制部材により現像剤量が規制された現像剤を、潜像が形成された潜像担持体と上記現像剤担持体とが対向する現像領域で磁力により穂立ちさせて、該現像剤担持体上に磁気ブラシを形成する現像主磁極とを有する現像装置において、上記キャリアの体積平均粒径を50 $\mu$ m以下、上記現像主磁極中心に対応する現像剤担持体の表面の磁束密度を50mT以上とし、上記現像剤量規制部材により現像剤量が規制された直後の上記現像剤担持体上に供給された現像剤のキャリア表面のトナー被覆率が30%～100%になり、上記現像剤の空隙部分を除く単位体積当りの平均磁化率が50emu/cc以上になるように、上記現像剤のトナーとキャリアとの割合を制御する制御手段を有していることを特徴とするものである。この現像装置においては、体積平均粒径が50 $\mu$ m以下の小粒径のキャリアを使用している。このキャリアは、同じ高量の通常のキャリアと比較して、上記現像剤のキャリア全体の表面積が大きくなり、より多くのトナーを静電気力で担持することができるようになる。これにより、トナー濃度不足やトナー濃度変化の少ない画質が安定した画像を得るために、現像剤のトナー濃度を高くしても、現像時にトナー飛散や地汚れを起こす虞が少なくなる。また、この現像装置では、上記現像主磁極中心に対応する現像剤担持体の表面の磁束密度が50mT以上、上記現像剤量規制部材により現像剤量が規制された直後の上記現像剤担持体上に供給された現像剤のキャリア表面のトナー被覆率が30%～100%、上記現像剤の空隙部分を除く単位体積当りの平均磁化率が50emu/cc以上になるように、上記制御手段により現像剤のトナーとキャリアとの割合が制御される。上記磁気ブラシの硬さは、上記現像主磁極の磁力とキャリアの飽和磁化とによって決まり、現像主磁極の磁力が70

(T)となる磁気ブラシの硬さが好ましい。上述のような体積平均粒径が50 $\mu$ m以下の小粒径のキャリアを使用する場合には、上記現像主磁極中心に対応する現像剤担持体の表面の磁束密度を50mT以上とすることで、現像主磁極の磁力が70(T)となり、好ましい硬さの磁気ブラシを形成することができるようになる。この硬さの磁気ブラシは、経時でも現像剤がストレスを受けることがない。ここで、磁束密度が50mTよりも小さい場合には、十分に強固な磁気ブラシが形成されず、磁気ブラシの穂の高さにバラツキが生じて、均一な現像が行えなくなる。なお、この現像主磁極中心に対応する現像剤担持体の表面の磁束密度の上限は150mT程度である。つまり、この磁束密度が150mT以上になると、磁気ブラシが強固に形成される。このため、トナーとキ

10

20

30

40

50

キャリアとの摩擦力高まり、両者の表面が前者では添加剤の埋まり、後者ではトナーの一部がキャリアに付着する、図4を参照して後述するような所謂スペント化現象が発生し、トナーの流動性が低減し、トナー帯電量の低減により現像特性が著しく劣化して画像品質も劣化する。また、磁束密度が150mT以上の場合に形成される硬い磁気ブラシで現像を行った場合には、該現像により潜像担持体上に形成されたトナー像が、磁気ブラシの下流側の部分によって掻き落とされて著しく劣化してしまう。また、キャリア表面のトナー被覆率が30%より

10 も少ないと、トナーの過剰帯電、キャリア付着、現像能力不足等の問題が発生し易く、逆にトナー被覆率100%を越える場合には、トナーの帯電不足、地汚れ、トナー飛散等の問題が発生する。さらに、後述の表1に示すように、上記現像剤の空隙部分を除く単位体積当りの平均磁化率が50emu/cc以上の場合には、像担持体へのキャリア付着が無くなる。逆に、この平均磁化率が50emu/ccよりも小さくなると、像担持体へのキャリア付着が多くなる。なお、現像剤のトナーとキャリアとの割合を制御する制御手段としては、現像剤中に

20 トナーを補給するトナー補給装置を用いることができる。これにより、現像時における現像剤の磁気特性が管理されるようになり、現像剤のトナー濃度を高めた場合の大きな課題である、潜像担持体へのキャリア付着、キャリア飛散、キャリア落下等の問題を解消できるようになる。請求項2の発明は、潜像担持体の表面を一様に帯電し画像情報に基づいて露光することにより該潜像担持体上に潜像を形成し、現像剤を磁力により担持する現像剤担持体の表面に、トナーとキャリアとを含む現像剤

30 を、現像剤規制部材により現像剤量を規制しながら供給し、該現像剤量規制部材により現像剤量が規制された現像剤を、上記潜像担持体と上記現像剤担持体とが対向する現像領域で、該現像剤担持体の現像主磁極の磁力により穂立ちさせ、該穂立ちにより上記現像剤担持体上に形成した磁気ブラシにより、上記潜像担持体上に形成した潜像をトナー像化した後、該潜像担持体上のトナー像を転写材に転写する画像形成方法において、上記キャリアの体積平均粒径を50μm以下、上記現像主磁極中心に対応する現像剤担持体の表面の磁束密度を50mT以上とし、上記現像剤量規制部材により現像剤量が規制され

40 た直後の上記現像剤担持体上に供給された現像剤のキャリア表面のトナー被覆率が30%~100%になり、上記現像剤の空隙部分を除く単位体積当りの平均磁化率が50emu/cc以上になるように、上記現像剤のトナーとキャリアとの割合を制御して画像形成を行うことを特徴とするものである。この画像形成方法においては、現像時における現像剤の磁気特性が厳密に管理された条件下で、画像形成が行われるようになり、トナー濃度不足やトナー濃度変化の少ない緻密で滑らか且つ地肌汚れの無い高品質な画像を形成できるようになる。請求項3

の発明は、潜像担持体と、該潜像担持体の表面を一様に帯電し画像情報に基づいて露光することにより該潜像担持体上に潜像を形成する潜像形成手段と、トナーとキャリアとを含む現像剤により上記潜像担持体上の潜像を現像してトナー像化する現像手段と、該潜像担持体上のトナー像を転写材に転写する転写手段とを備えた画像形成装置において、上記現像手段として、上記現像剤を磁力により担持する現像剤担持体と、該現像剤担持体の表面に上記現像剤を供給する現像剤供給手段と、該現像剤供給手段により該現像剤担持体の表面に供給される現像剤量を規制する現像剤量規制部材と、該現像剤量規制部材により現像剤量が規制された現像剤を、潜像が形成された潜像担持体と上記現像剤担持体とが対向する現像領域で磁力により穂立ちさせて、該現像剤担持体上に磁気ブラシを形成する現像主磁極と、上記キャリアの体積平均粒径を50μm以下、上記現像主磁極中心に対応する現像剤担持体の表面の磁束密度を50mT以上とし、上記現像剤量規制部材により現像剤量が規制された直後の上記現像剤担持体上に供給された現像剤のキャリア表面の

トナー被覆率が30%~100%になり、上記現像剤の空隙部分を除く単位体積当りの平均磁化率が50emu/cc以上になるように、上記現像剤のトナーとキャリアとの割合を制御する制御手段とを有する現像装置を使用して、画像形成を行うことを特徴とするものである。この画像形成装置においては、現像時における現像剤の磁気特性が厳密に管理された条件下で、画像形成が行われるようになり、トナー濃度不足やトナー濃度変化の少ない緻密で滑らか且つ地肌汚れの無い高品質な画像を形成できるようになる。また、現像時におけるトナー飛散や、潜像担持体へのキャリア付着、キャリア飛散、キャリア落下等の問題を解消できる画像形成装置が提供される。請求項4の発明は、請求項1の現像装置において、上記キャリアの空隙部分を除く単位体積当りの平均磁化率が、1kOe磁場中で50emu/cc以上であることを特徴とするものである。請求項5の発明は、請求項1又は4の現像装置において、上記キャリアは、磁場中の動的電気抵抗が、10<sup>6</sup>Ωオーダー以上の磁性粒子からなることを特徴とするものである。請求項6の発明は、請求項1、4又は5の現像装置において、上記現像剤量規制部材により現像剤量が規制された直後の上記現像剤担持体上に供給された現像剤中のトナーの、単位質量当りの平均帯電量の絶対値が、5μc/g以上であることを特徴とするものである。請求項7の発明は、請求項1、4、5又は6の現像装置において、上記現像剤担持体から上記潜像担持体に対して、電界作用による静電力で上記磁気ブラシ中のトナーを受け渡す現像領域の最下流部の、該現像剤担持体の法線方向の磁束密度が、60mT以上であることを特徴とするものである。請求項8の発明は、請求項1、4、5、6又は7の現像装置において、上記キャリアの平均球形度が、0.8以上であ

ることを特徴とするものである。請求項9の発明は、請求項1、4、5、6、7又は8の現像装置において、上記潜像担持体と上記現像剤担持体との間に配置されて、上記現像剤量規制部材により現像剤量が規制された後の上記現像剤担持体上に形成した磁気ブラシに対向して回転するトナー担持体を有し、該トナー担持体と上記現像剤担持体との間に電界を印可して、該現像剤担持体から該トナー担持体に対してトナーのみを転移・担持させ、該トナー担持体上に転移・担持したトナーで上記潜像担持体上の潜像を現像することを特徴とするものである。

請求項10の発明は、請求項1、4、5、6、7、8又は9の現像装置において、上記トナーの上記現像剤の補給動作と連動又は独立して、上記キャリアを使用済みキャリアの一部と入れ替えて上記現像剤に補充するキャリア補充手段を有していることを特徴とするものである。

請求項11の発明は、請求項9の現像装置において、上記トナー担持体の表面に近接するように対向配置されて、該トナー担持体の表面に付着したキャリアを補足するキャリア補足手段を有していることを特徴とするものである。

請求項12の発明は、請求項9又は11の現像装置において、上記トナーの現像又は供給ポテンシャル（絶対値）が、400V以下であることを特徴とするものである。

請求項13の発明は、請求項1、4、5、6、7、8、9、10、11又は12の現像装置において、上記トナーの体積平均粒径が、4～9 $\mu$ mであることを特徴とするものである。

請求項14の発明は、請求項1、4、5、6、7、8、9、10、11、12又は13の現像装置において、上記トナーが磁性トナーであることを特徴とするものである。

請求項15の発明は、請求項7の現像装置において、上記現像剤担持体の表面線速が、900mm/sec以下であることを特徴とするものである。

請求項16の発明は、請求項8の現像装置において、上記キャリアの芯材が、 $\text{MO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ （Mは2価の金属イオン）の組成を持つ一群のフェライトからなることを特徴とするものである。

請求項17の発明は、請求項11の現像装置において、上記キャリア補足手段により補足したキャリアを、上記現像剤に戻すことを特徴とするものである。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明を、画像形成装置であるプリンタに適用した一実施形態について説明する。なお、本実施形態は、プリンタ以外に、複写機やファクシミリなどにも適用することができる。

【0015】以下、本発明を、画像形成装置であるプリンタに適用した一実施形態について説明する。なお、本実施形態は、プリンタ以外に、複写機やファクシミリなどにも適用することができる。まず、本実施形態の説明に先立って、本発明が適用されるプリンタについて説明する。このプリンタの主要部の概略構成を図1に示す。

【0016】図1において、潜像担持体である感光体ド

ラム1の周囲には、感光体ドラム表面を帯電するための帯電装置2、一様帯電処理面に潜像を形成するためのレーザー光Lを照射するための露光装置、ドラム表面の潜像に帯電トナーを付着することでトナー像を形成する現像装置4、形成されたドラム上のトナー像を記録紙やOHPシートなどの転写材へ転写するための転写装置5、感光体ドラム1上の残留トナーを除去するためのクリーニング装置7、感光体ドラム1上の残留電位を除去するための除電ランプ8などが順に配設されている。

【0017】このような構成のプリンタにおいて、チャージャあるいは帯電ローラからなる帯電装置2によって表面を一様に帯電された感光体ドラム1の表面には、レーザー光Lの露光によって、潜像が形成される。この潜像は、現像装置4によってトナー像化される。このトナー像は、転写ローラあるいは転写ベルトなどで構成された転写装置5によって、感光体ドラム1の表面から、図示しない給紙トレイから搬送された記録紙Pへ転写される。

【0018】この転写の際に、感光体ドラム1に静電的に付着した記録紙Pは、図示しない分離爪によって感光体ドラムから分離される。そして未定着の記録紙P上のトナー像は、定着装置6によって記録紙Pに定着される。一方、転写されずに感光体ドラム1上に残留したトナーは、クリーニング装置7によって除去され回収される。残留トナーを除去された感光体ドラム1は除電ランプ8で初期化され、次の画像形成プロセスに供される。

【0019】本実施形態のプリンタでは、現像剤として、トナーとキャリアとを混合した2成分現像剤を使用している。このような2成分現像剤の磁気ブラシを用いる現像装置として、感光体ドラム1上の潜像をこの磁気ブラシで直接現像する装置と、磁気ブラシを1成分現像ローラへのトナー供給及びトナー薄層形成手段として用い、感光体ドラム1上の潜像を、上記1成分現像ローラで現像する装置が実用化されている。

【0020】これらの現像装置においては、前述したように、何れも上記キャリアとして小粒径のものをを用いることが、木目の細かな磁気ブラシを形成できるので、高画質化に有効となる。また、同等の高当りのキャリアの表面積は、小粒径のもの程大きくなるので、キャリアにより多くのトナーを静電気力で担持できる。従って、現像剤のキャリアを小粒径化することで、高トナー濃度にしてもトナー飛散防止や地汚れ防止ができ、濃度不足や濃度変化の無い画像が安定して得られるようになる。

【0021】しかし、このような小粒径のキャリアを用いた現像剤は、そのトナー濃度が高くなる程、キャリアの磁化率が低くなる。従って、トナーとキャリアとが静電気力で引き合っって一体的に振舞う場合には、現像剤全体の磁化率も低下することになる。このため、上記現像装置4の現像ローラ4aの回転により付与されるキャリ

アの運動エネルギーで生じるキャリア飛散が多くなる。つまり、現像剤のトナー濃度をあげるほど、トナーを担持するキャリアの磁化率が低下する。これにより、現像剤全体としての磁力が低下する。この結果、現像時に、感光体ドラム1にキャリアが付着し易くなる。

【0022】ここで、現像剤のトナー濃度が高くなると、トナーを担持するキャリアの電荷量も低下するが、上述の感光体ドラム1へのキャリア付着は、現像剤の全体的な磁力低下によって発生するもので、キャリアの電荷量によるものではない。現像剤のトナー濃度が高くなると、キャリアの静電気が低下すると、感光体ドラム1へのキャリア付着は起こり難くなる。すなわち、小粒径のキャリアを用いた現像剤は、磁氣的にはキャリア付着を起こし易くなり、電氣的にはキャリア付着を起こし難くなる。

【0023】従って、上記磁力低下による感光体ドラム1へのキャリア付着が起こり難い現像剤のトナー濃度範囲を規定することができれば、高トナー濃度にしてもトナー飛散防止や地汚れ防止ができ、且つ感光体ドラム1へのキャリア付着が無く、濃度不足や濃度変化の無い画像が安定して得られるようになる。

【0024】そこで、本発明者らは、現像剤としての磁気特性管理等を行うことにより、トナーを静電的に担持してトナーと一体的に振舞うキャリアに働く磁力下限を保証し、同時に、キャリアが現像終了後も多くのトナーを静電気で担持することによってこのキャリア（担持トナー含）に働く、感光体ドラム方向に向かう静電気を低減させて、大きな課題である感光体ドラム1へのキャリア付着、キャリア飛散、キャリア落下等の問題を防止することを試みた。

【0025】すなわち、本実施形態に係る現像装置4では、体積平均粒径が $50\mu\text{m}$ 以下の小粒径のキャリアを使用する。また、キャリアの体積平均粒径は $50\mu\text{m}$ 以下とした。さらに、トナーを含む2成分現像剤による磁気ブラシが、現像剤量を規制する現像剤量規制部材（ドクタ）を通過した直後の、キャリア表面上のトナー被覆率は、30%～100%の範囲とした。そして、上記現像剤の空隙部分を除く単位体積当りの平均磁化率が $50\text{emu/cc}$ 以上になるように、上記現像剤のトナーとキャリアとの割合を制御した。

【0026】このように、本実施形態に係る現像装置で使用する現像剤のキャリアは、体積平均粒径が $50\mu\text{m}$ 以下の小粒径のキャリアである。このキャリアは、同じ高量の通常のキャリアと比較して、上記現像剤のキャリア全体の表面積が大きくなり、より多くのトナーを静電気で担持することができるようになる。これにより、トナー濃度不足やトナー濃度変化の少ない画質が安定した画像を得るために、現像剤のトナー濃度を高くしても、現像時にトナー飛散や地汚れを起こす虞が少なくなる。

【0027】また、この現像装置における磁気ブラシの硬さは、上記現像主磁極の磁力とキャリアの飽和磁化とによって決まり、現像主磁極の磁力MDが70(T)、キャリアの飽和磁化MCが $100(\text{emu/g})$ となる磁気ブラシの硬さが好ましい（詳しくは、後述する）。従って、上述のような体積平均粒径が $50\mu\text{m}$ 以下の小粒径のキャリアを使用する場合には、上記現像主磁極中心に対応する現像剤担持体の表面の磁束密度を50mT以上とすることで、現像主磁極の磁力MDが70(T)となり、好ましい硬さの磁気ブラシを形成することができるようになる。この硬さの磁気ブラシは、経時でも現像剤がストレスを受けることがない。ここで、磁束密度が50mTよりも小さい場合には、十分に強固な磁気ブラシが形成されず、磁気ブラシの穂の高さにバラツキが生じて、均一な現像が行えなくなる。

【0028】なお、この現像主磁極中心に対応する現像剤担持体の表面の磁束密度の上限は150mT程度である。つまり、この磁束密度が150mT以上になると、磁気ブラシが強固に形成されるため、トナーとキャリアとの摩擦力高まり、両者の表面が前者では添加剤の埋まり、後者ではトナーの一部がキャリアに付着する、図4を参照して後述するような所謂スペント化現象が発生し、トナーの流動性が低減し、トナー帯電量の低減により現像特性が著しく劣化して画像品質も劣化する（図4参照）。また、磁束密度が150mT以上の場合に形成される硬い磁気ブラシで現像を行った場合には、該現像により潜像担持体上に形成されたトナー像が、磁気ブラシの下流側の部分によって掻き落とされて著しく劣化してしまう。

【0029】また、キャリア表面のトナー被覆率が30%よりも少ないと、トナーの過剰帯電、キャリア付着、現像能力不足等の問題が発生し易く、逆にトナー被覆率100%を越える場合には、トナーの帯電不足、地汚れ、トナー飛散等の問題が発生する。

【0030】さらに、後述の表1に示すように、上記現像剤の空隙部分を除く単位体積当りの平均磁化率が $50\text{emu/cc}$ 以上の場合には、像担持体へのキャリア付着が無くなる。逆に、この平均磁化率が $50\text{emu/cc}$ よりも小さくなると、像担持体へのキャリア付着が多くなる。これにより、現像時における現像剤の磁気特性が厳密に管理されるようになり、現像剤のトナー濃度を高めた場合の大きな課題である、潜像担持体へのキャリア付着、キャリア飛散、キャリア落下等の問題を解消できるようになる。

【0031】ここで、上記キャリアの空隙部分を除く単位体積当りの平均磁化率は、後述の表1に示すように、1kOe磁場で $50\text{emu/cc}$ 以上であることが好ましい。また、現像剤のトナーとキャリアとの割合を制御する制御手段としては、図示しないトナー補給装置やキャリア補充装置により、現像装置4へのトナー補給量



やキャリア補充量を制御することで達成することができる。

【0032】また、本実施形態に係る現像装置4では、特に低電位現像に好適な抵抗が低目のキャリアを使用する場合に、このキャリアの抵抗下限を管理することにより、静電誘導現象による感光体ドラム1へのキャリア付着を防止している。すなわち、このキャリアは、キャリアのみの磁場中の動的電気抵抗（以下DRと略記）が、 $10^8 \Omega$ オーダー以上の磁性粒子からなることが好ましい。

【0033】図4(a)に、本実施形態に係る現像装置で用いる現像剤のキャリア12の一例を示す。図4

(b)は、従来のキャリア例である。このキャリアは、①トナーを現像領域に搬送する。②トナーに所望の電荷を与える。③潜像の現像電極となる。④感光体上の不用トナーを除去する。等の多くの機能が備わっている。従って、上記キャリアは、その粉体特性（粒径、形状）、電気特性、磁気特性が重要な要素であり、現像プロセスに適合させる性能が要求される。また、上記現像剤のキャリアとしては、摩擦帯電性、環境安定性、耐久性向上のために、従来から樹脂コートキャリアも多く使用されている。コート樹脂としては、ポリエステル系樹脂、フッ素樹脂、アクリル系樹脂、シリコン系樹脂、などが用いられる。このコート樹脂は、噴射法、浸漬法によりキャリア表面に被覆される。

【0034】また、上記ドクタを通過した直後の磁気ブラシを形成する2成分現像剤中のトナーの単位質量当りの平均帯電量としては、トナー被覆率が50%以上で、トナー濃度が10%以上の比較的高濃度な状態でも、トナー帯電量の絶対値が $5 \mu\text{C/g}$ 以上となるようにした。これにより、トナー飛散や地汚れの問題を防止することができた。

【0035】また、感光体ドラム1と現像ローラ4aとの間の現像ニップに形成した電界作用によって、上記ドクタを通過した後の磁気ブラシ中のトナーを、感光体ドラム1の表面に静電力で受け渡す領域の最下流部の、現像ローラ4aの法線方向の磁束密度は、60mT以上とした。これにより、キャリアに磁力が強く作用して、感光体ドラム1へのキャリア付着や、キャリア飛散を殆ど防止できるようになった。

【0036】ところで、キャリア表面に不定形の大きな凹部や平面部があると、トナーフィルミングや帯電能力の違う表層材料がまばらに存在するケースが多く、トナーの帯電量にムラが生じやすくなって、地汚れや、トナー飛散などの問題が生じ易い。そこで、本実施形態に係る現像装置においては、球形度が0.8以上の球形キャリアを用いることにより上記問題を回避するようにしている。

【0037】また、上記樹脂コートキャリアでは、その表面が多少削れるようにしても良い。この場合、キャリア

ア表面に付着した異物のみが削れて、キャリア母体に変化しない構成とすることが望ましい。このようなキャリアとしては、耐摩耗性をさらに向上させる狙いから、表面を鉄系金属としても良い。また、低電位現像等に適合させるため、キャリアの抵抗は、実抵抗で、 $10^8 \Omega$ オーダー以下の低目にした。また錆の進行による磨耗が発生しないように適度に焼成する等で酸化膜を設けた。但し、前述したように、キャリアの下限抵抗は、感光体ドラム1へのキャリア付着を防止するために、 $10^8 \Omega$ オーダー以上とした。

【0038】このようなキャリアとしては、例えば、樹脂中にマグネタイトなどの微粉末磁性体を分散させたバインダ型粒子（ $10 \sim 50 \mu\text{m}$ 、 $2 \sim 3 \times 10^{1-3} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上、 $20 \sim 50 \text{emu/g}$ ）をキャリア芯材とし、表面に金属皮膜を設けた系のものを用いることができる。このバインダ型粒子からなるキャリア芯材には、低磁力である、比重が小さい、電気抵抗が高い、小粒径であるなどの多くの特徴があり、また、材料の選択、構成比の調整により幅広い特性が得られるので、高画質用キャリアに適しているといえる。

【0039】フェライト系キャリア（ $30 \sim 150 \mu\text{m}$ 、 $4.5 \sim 5.5 \times 10^8 \sim 10^{1-6} \Omega \cdot \text{cm}$ 、 $40 \sim 70 \text{emu/g}$ ）としては、銅、ニッケル、亜鉛、コバルト、マンガン、マグネシウムなどのフェライト粉末が用いられる。このフェライト系キャリアは、①組成、製造条件により磁力、電気抵抗などの物性の調整が容易である。②球形で流動性が良い。③化学的に安定である。などの特徴を有しており、高画質化、長寿命化に適しているといえる。

【0040】鉄粉系キャリア（ $50 \sim 300 \mu\text{m}$ 、 $7 \sim 8 \times 10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下、 $70 \sim 250 \text{emu/g}$ ）は、製造方法により還元鉄粉、アトマイズ鉄粉、窒化鉄粉などに分けられる。還元鉄粉、窒化鉄粉は不定型であるため球形化処理されることがある。また鉄粉キャリアにはあらかじめ酸化処理が施されている。

【0041】上記キャリアの粒径は、 $20 \sim 50 \mu\text{m}$ の範囲が良好である。また抵抗はダイナミック抵抗で $10^8 \sim 10^9 \Omega$ の範囲が最適である。但し、このキャリアの抵抗値は、磁石を内包したローラ（ $\phi 20; 600 \text{RPM}$ ）に坦持して、幅65mm、長さ1mmの面積の電極をギャップ0.9mmで当接させ、200V（又は200V未満の耐圧上限レベル。鉄粉キャリアでは数V）の印加電圧を印加して測定した場合の測定値である。

【0042】図5に、本実施形態に係る現像装置で用いる現像剤のトナー11の構成例を示す。

①トナーのバインダ樹脂（構成比：80～90%）は、結着性、定着性、摩擦帯電性（摩擦帯電性は主に現像に関与する）などの機能を備えている。トナーの摩擦帯電は、バインダ樹脂の摩擦帯電系列、電機抵抗、誘電率に支配されるが、酸素、塩基性窒素などの置換基を含む電

子供与性のもので正電荷を、塩素、フッ素など置換基を含む電子受容性のもので負電荷を帯び易くすることができる。トナーの摩擦帯電性は、バインダ樹脂だけでなく、添加剤との組合せで制御する。また高温時においても電荷を維持できるように、電気抵抗を設定することが好ましい(10<sup>14</sup> Ω cm程度以上)。トナーの熱的特性は、定着およびトナーの保存に関与する。ここでは、トナーの保存中や移送中、ならびに現像装置内で、トナーが凝集しないようにするために、バインダ樹脂が50〜60℃以上のT<sub>g</sub>(ガラス転移温度)をもつようにした。また、現在主流となっている熱ローラ定着システム用のトナーに対しては、溶融時の粘弾性が重要であり、架橋、分子量分布、共重合体組成などで制御した。

【0043】トナーの機械的特性は、現像剤の耐久性およびトナー製造工程に関与する。トナーは、現像、クリーニングなど、プリンタ内で常に機械的衝撃を受けている。従って、トナーには、これらの機械的衝撃を上回る機械的強度が必要であるが、製造面からは、粉碎性の良いほうがコスト的に有利である。トナー用のバインダ樹脂には、例えば、一般的なポリスチレン、スチレン-アクリル共重合体、ポリエステル、エポキシ、ポリアミド、ポリメチルメタアクリレート、ポリビニルブチラルなどが使用している。これらのなかでもポリスチレン系樹脂、スチレン-アクリル共重合体樹脂、ポリエステル系樹脂などが好適である。

【0044】②トナーの着色剤(染料)は、構成比が5〜15%で、着色する機能を有している。摩擦帯電性を有する黒トナー用には、ファーネスブラック、チャンネルブラックなどのカーボンブラックを使用した。カーボンブラックの種類、添加量により、トナーの電気的物性、摩擦帯電性が影響を受ける。塩基性のは正帯電用に、酸性のは負帯電用に用いた例が好適であった。用いられる着色剤としては、公知の染料及び顔料が使用できる。

【0045】ここで、黄色系着色剤としては、例えば、ナフトールイエローS、ハンザイエロー(10G、5G、G)、カドミウムイエロー、黄色酸化鉄、黄土、黄鉛、チタン黄、ポリアゾイエロー、オイルイエロー、ハンザイエロー、(GR、A、RN、R)、ビグメントイエローL、ベンジジンイエロー(G、GR)、パーマネントイエロー(NCG)、バルカンファストイエロー(5G、R)、タートラジンレーキ、キノリンイエローレーキ、アンスラザンイエローBGL、ベンズイミダゾロンイエロー、イソインドリノンイエロー等が挙げられる。

【0046】赤色系着色剤としては、例えば、ベンガラ、鉛丹、鉛朱、カドミウムレッド、カドミウムマーカーレッド、アンチモン朱、パーマネントレッド4R、バラレッド、ファイヤーレッド、バラクロロオルトニトロアニリンレッド、リソールファストスカーレット

G、ブリリアントファストスカーレット、ブリリアントカーミンBS、パーマネントレッド(F2R、F4R、FRL、FRL、F4RH)、ファストスカーレットVD、ベルカンファストルビンB、ブリリアントスカーレットG、リソールルビンGX、パーマネントレッド(F5R、FBB)、ブリリアントカーミン6B、ビグメントスカーレット3B、ボルドー5B、トルイジンマルーン、パーマネントボルドーF2K、ヘリオボルドーBL、ボルドー10B、ボンマルーンライト、ボンマルーンメジウム、エオシンレーキ、ローダミンレーキB、ローダミンレーキY、アリザリンレーキ、チオインジゴレッドB、チオインジゴマルーン、オイルレッド、キナクリドンレッド、ピラゾロンレッド、ポリアゾレッド、クロームパーミリオン、ベンジジンオレンジ、ベリノンオレンジ、オイルオレンジ等が挙げられる。

【0047】青色系着色剤としては、例えば、コバルトブルー、セルリアンブルー、アルカリブルーレーキ、ビーコックブルーレーキ、ピクトリアブルーレーキ、無金属フタロシアニンブルー、フタロシアニンブルー、ファストスカイブルー、インダンスレンブルー(RS、BC)、インジゴ、群青、紺青、アントラキノンブルー、ファストバイオレットB、メチルバイオレットレーキ、コバルト紫、マンガン紫、ジオキサンバイオレット、アントラキノンバイオレット、クロムグリーン、ジंकグリーン、酸化クロム、ビリジアン、エメラルドグリーン、ビグメントグリーンB、ナフトールグリーンB、グリーンゴールド、アシッドグリーンレーキ、マラカイトグリーンレーキ、フタロシアニングリーン、アントラキノングリーン等が挙げられる。

【0048】黒色系着色剤としては、例えば、カーボンブラック、オイルファーネスブラック、チャンネルブラック、ランプブラック、アセチレンブラック、アニリンブラック等のアジン系色素、金属塩アゾ色素、金属酸化物、複合金属酸化物等が挙げられる。また、その他の着色剤としては、チタニア、亜鉛華、リトボン、ニグロシン染料、鉄黒等が挙げられる。これらの着色剤の含有量は結着樹脂100重量部に対して、通常1〜30重量部の範囲内である。

【0049】③トナーの電荷制御剤(構成比:1〜5%)は、トナーの摩擦帯電性を制御する。トナーの摩擦帯電量は、トナー像の現像及転写性を支配するため、トナー設計上最も重要と考えられている。材料からのトナーの摩擦帯電量の制御方法としては、バインダ樹脂による方法、着色剤(カーボンブラック、無機・有機顔料)による方法もあるが、この電荷制御剤による方法が一般的である。本実施形態では、正帯電トナーにはニグロシン染料、脂肪酸金属塩、第4級アンモニウム塩などの電子供与物質を、負帯電トナーにはアゾ系含金属染料、塩素化パラフィン、塩素化ポリエステルなどの電子受容性物質を用いた。

【0050】上記トナーに用いられる帯電制御剤としては、まず、トナーを正帯電性に制御するものとして、ニグロシン及びその変成物、トリブチルベンジルアンモニウム-1-ヒドロキシ-4-ナフトスルホン酸塩、テトラブチルアンモニウムテトラフルオロボレート等の四級アンモニウム塩、ジブチルスズオキサイド、ジオクチルスズオキサイド、ジシクロヘキシルスズオキサイド等のジオルガノスズオキサイド、ジブチルスズボレート、ジオクチルスズボレート、ジシクロヘキシルスズボレート等のジオルガノスズボレート等が挙げられる。また、トナーを負帯電性に制御するものとして、サリチル酸金属錯体や塩類、有機ホウ素塩類、カリックスアレン系化合物等が挙げられる。これらは、それぞれ単独あるいは2種類以上組合わせて用いることも可能である。これらの帯電制御剤の含有量は結着樹脂100重量部に対して、0.5~8重量部が好ましい。

【0051】④トナーの離型剤（構成比：0~5%）は、クリーニング特性の向上、定着オフセット防止、キャリアへのトナー樹脂のスベント防止などの機能を備えている。熱ローラ定着用トナーでは、オフセット防止剤として低分子量ポリブロピレン、低分子量ポリエチレンなどを用いた。

【0052】⑤トナーの外添剤（構成比：0~5%）は、トナーの流動性、摩擦帯電性、クリーニング特性、キャリアへのトナー樹脂スベント防止、トナー流動性の向上、摩擦帯電量の調整、クリーニング性向上、キャリア表面への付着物除去などを目的としてトナー表面に添加される。コロイダルシリカ、酸化チタン、アルミナ、炭化珪素、などの微粉末（1次粒径10~30nm）は、トナーブロッキング防止、流動性改善、クリーニング性改善、に大きく寄与する。またステアリン酸亜鉛などの脂肪酸金属塩の微粉末は、感光体の傷つき防止剤として使用される。

【0053】この他、上記トナーには、潤滑剤（半固体、固体）としての金属石鹸（アルミニウム、マンガ、コバルト、鉛、カルシウム、クロム、銅、鉄、水銀、マグネシウム、亜鉛、ニッケルなどの石鹸）、フッカ物、研磨材としてのアルミナ（溶融物）、炭化珪素、炭化ホウ素、等の炭化物、タクマ材としての酸化鉄

（3）、酸化クロム（3）アルミナ（焼成物）等が適宜添加される。

【0054】このようなトナーの用いられる添加剤としては、従来公知のものが使用できるが、具体的には、Si, Ti, Al, Mg, Ca, Sr, Ba, In, Ga, Ni, Mn, W, Fe, Co, Zn, Cr, Mo, Cu, Ag, V, Zr等の酸化物や複合酸化物等が挙げられ、特にSi, Ti, Alの酸化物であるシリカ、チタニア、アルミナが好適に用いられる。また、このときの添加剤の添加量は、母体粒子100重量部に対して0.5~1.8重量部であることが好ましく、特に好ま

しくは、0.7~1.5重量部である。

【0055】添加剤の添加量が、0.5重量部未満であると、トナーの流動性が低下するため、十分な帯電性が得られず、また、転写性や耐熱保存性も不十分となり、また、地汚れやトナー飛散の原因にもなりやすい。また、添加剤の添加量が、1.8重量部より多いと、流動性は向上するものの、ビビリ、ブレードめくれ等の感光体クリーニング不良や、トナーから遊離した添加剤による感光体等へのフィルミングが生じやすくなり、クリーニングブレードや感光体等の耐久性が低下し、定着性も悪化する。さらに、細線部におけるトナーのチリが発生しやすくなり、特に、フルカラー画像における細線の出力の場合には、少なくとも2色以上のトナーを重ねる必要があり、付着量が増えるため、特にその傾向が顕著である。さらに、カラートナーとして用いる場合には、添加剤が多く含有されていると、透明シートに形成されたトナー画像をオーバーヘッドプロジェクターで投影した場合に投影像にかげりが生じ、鮮明な投影像が得られにくくなる。ここで、添加剤の含有量の測定には種々の方法があるが、蛍光X線分析法で求めるのが一般的である。すなわち、添加剤の含有量既知のトナーについて、蛍光X線分析法で検量線を作成し、この検量線を用いて、添加剤の含有量を求めることができる。

【0056】さらに、本実施形態で用いられる添加剤は、必要に応じ、疎水化、流動性向上、帯電性制御等の目的で、表面処理を施されていることが好ましい。ここで、表面処理に用いる処理剤としては、有機系シラン化合物等が好ましく、例えば、メチルトリクロロシラン、オクチルトリクロロシラン、ジメチルジクロロシラン等のアルキルクロロシラン類、ジメチルジメトキシシラン、オクチルトリメトキシシラン等のアルキルメトキシシラン類、ヘキサメチルジシラザン、シリコーンオイル等が挙げられる。また、処理方法としては、有機シラン化合物を含有する溶液中に添加剤を漬漬し乾燥させる方法、添加剤に有機シラン化合物を含有する溶液を噴霧し乾燥させる方法等があるが、本実施形態においては、いずれの方法も好適に用いることができる。

【0057】上述トナーは、磁性体を含有させ、磁性トナーとしても使用することもできる。具体的な磁性体としては、マグネタイト、ヘマタイト、フェライト等の酸化鉄、コバルト、ニッケルのような金属あるいはこれら金属とアルミニウム、銅、鉛、マグネシウム、スズ、亜鉛、アンチモン、ベリリウム、ビスマス、カドミウム、カルシウム、マンガ、セレン、チタン、タングステ、バナジウムのような金属との合金及びその混合物等が挙げられる。これらの磁性体は平均粒径が0.1~2μm程度のものが望ましく、このときの磁性体の含有量は、結着樹脂100重量部に対して20~200重量部、特に好ましくは結着樹脂100重量部に対して40~150重量部である。

【0058】トナーの体積平均粒径の範囲は3~12 $\mu$ mが好適であるが、本実施例では5 $\mu$ mであり、1200dpi以上の高解像度の画像にも十分対応することが可能である。一方、上記キャリア（磁性粒子）12は、金属もしくは樹脂をコアとしてフェライトもしくはマグネタイト等の磁性材料を含有し、表層は金属で被覆されたものである。このキャリアの粒径は20~50 $\mu$ mの範囲が良好である。また、キャリアの抵抗は、上述したように、ダイナミック抵抗で $10^4 \sim 10^8 \Omega$ の範囲が最適である。但し、この抵抗値は、磁石を内包したローラ（ $\phi 20$  ; 600RPM）に担持して、幅65mm、長さ1mmの面積の電極をギャップ0.9mmで当接させ、耐圧上限レベル（200Vから鉄粉キャリアでは数V）の印加電圧を印加した時の測定値である。

【0059】上記トナーがキャリアの表面を覆う被覆率 $T_n$ は、25~100%未満（トナー1層完全被覆未満）が適切である。この被覆率 $T_n$ が少ないと、トナーの過剰帯電、キャリア付着、現像能力不足等の問題が発生し易く、逆に被覆率 $T_n$ が過剰な場合には、トナーの帯電不足、地汚れ、トナー飛散等の問題が発生する。図6に、 $T_n = 100C / \{3^{(1/2)}\} / [2\pi(100 - C) \{ (1 + r/R)^2 \} \cdot (r/R) \cdot (\rho_r / \rho_c)]$ の被覆率のトナーを示す。ここで、 $C$ : TC (wt%)、 $r$ : トナー半径 ( $\mu$ m)、 $R$ : キャリア半径 ( $\mu$ m)、 $\rho_r$ : トナーの真比重、 $\rho_c$ : キャリアの真比重  $r = 7 \mu$ m、 $R = 50 \mu$ m、 $\rho_r = 1.15 g/cm^3$ 、 $\rho_c = 5.2 g/cm^3$ 、すなわち、50 $\mu$ m径のフェライトキャリア、7 $\mu$ m径のトナーの組合せで、TC=2.8wt%では被覆率は20.0%、TC=3wt%では被覆率は21.2%、TC=5wt%では被覆率は36.1%、TC=5.5wt%では被覆率は39.9%、TC=6wt%では被覆率は43.8%、TC=6.8wt%では被覆率は50%、12.7wt%ではほぼ100%である。

【0060】上記トナー濃度TCの水準を振り画像を比較したところ5.5wt%以上すなわち被覆率が40%以上の時は問題無く均一な画像が得られた。反対に5.5wt%より小さいときはベタ消費直後の低コントラスト画像の濃度が低くなった。キャリアに対するトナーの被覆率の寄与は如何にトナーを高効率で現像できるのかという点と考える。また被覆率の規定はトナー粒径等が変化した場合でも適用可能である。ここでトナー粒径を6 $\mu$ m、5 $\mu$ mとなった場合を考え比較を行う。(1)式を使用して比較すると図4のようになり、現状の7 $\mu$ m径のトナーではTCの下限が5.5wt%であったのが、6 $\mu$ m径のトナーでは4.6wt%、5 $\mu$ m径のトナーに至っては3.8wt%が下限となり、トナー粒径を小さくする事で被覆率を維持しつつトナーCを下げる事が可能となり、トナー飛散等の悪影響が抑える事が可能である。（図3左側参照）被覆率が上記、下限より下

回ったときはベタ消費直後の現像能力が低減する為に残像が発生してしまい、画像品質が劣化したものとなる。

【0061】上記現像装置4の構成を図2に基づいて説明する。この現像装置内4には、トナー担持体である現像スリーブ43が感光体ドラム1に当接するように配置されている。この現像スリーブ43には、内部に固定磁石48が内蔵されているトナー供給ローラ44が対向配置されている。トナー供給ローラ44の表面には、トナー11とキャリア12とからなる2成分現像剤13からなる磁気ブラシが形成される。そして、選択的にトナー供給電界を形成することにより、この磁気ブラシ中のトナーのみが、現像スリーブ43上に供給され、現像スリーブ43の表面に過不足のない量（トナー1~2層相当が好適）のトナー薄層dが形成される。ここで、トナー供給ローラ44は、アルミニウム、真鍮、ステンレス、導電性樹脂などの非磁性体を円筒形に形成してなり、図示しない回転駆動機構によって回転されるようになっている。

【0062】図3に、図2に示した現像装置4と異なる二成分現像装置40を示す。この二成分現像装置40は、上記2成分現像剤により形成された磁気ブラシで、感光体ドラム1上の静電潜像を現像するように構成されている。図3において、現像ローラ41（図2のトナー供給ローラ44に相当）の表面は、サンドブラストもしくは1~数mmの深さを有する複数の溝を形成する処理を行い10~20 $\mu$ mRZの範囲に入るように荒らしている。なお、感光体ドラム1はアルミ等の素管に感光性を有する有機感光体を塗布し、感光層を形成したドラムタイプのものを用いた。

【0063】図2に示した現像装置4を用いた実施形態においては、感光体ドラム1のドラム径が60mmで、ドラム線速が240mm/秒に設定され、上記現像スリーブ43のスリーブ径が20mmで、スリーブ線速が600mm/秒に設定されている。従って、ドラム線速に対するスリーブ線速の比は2.5である。また感光体ドラム1と現像スリーブ43との間隔である現像ギャップは0.4mmに設定されている。現像ギャップは、従来ではキャリア粒径が50 $\mu$ mであれば0.65mmから0.8mm程度、言い換えれば、現像剤粒径の10倍以上に設定されていたが、本実施形態では10倍以下（0.55mm）に設定するのが良い。これより広くすると望ましいとされる画像濃度が出にくくなる。

【0064】図3に示した二成分現像装置40には、現像剤の搬送方向（図で見て反時計回り方向）における現像領域の上流側部分に、現像剤チェーン穂の穂高さ、即ち、現像スリーブ上の現像剤量を規制するためのドクタブレード45が設置されている。このドクタブレード45と現像ローラ41との間隔であるドクタギャップは0.4mmに設定されている。更に現像ローラ41の感光体ドラム1とは反対側領域には、現像ケーシング46

内の現像剤を攪拌しながら現像ローラ41へ汲み上げるためのスクリュウあるいはバドル等からなる攪拌・搬送部材47が設置されている。

【0065】図3に示す二成分現像装置40における現像条件について説明する。この二成分現像装置40においては、感光体ドラム1の帯電（露光前）電位 $V_0$ を $-350V$ 、露光後電位 $V_L$ を $-50V$ として現像バイアス電圧 $V_B$ を $-250V$ すなわち現像ポテンシャル（ $V_L - V_B = 200V$ ）として現像工程が行われるものである。このとき、 $|V_D - V_L| > |V_L - V_B|$ は、 $400V > 300V$ となる。 $|V_D - V_L| < 400V$ は、感光体ドラム1の露光部分とそうで無い部分の放電を避けるために、パッシェンの放電則より設定したものである。本実施形態はネガポジのプロセスである。

【0066】上記現像ローラ41内には、この現像ローラ41の周表面に現像剤の穂立ちを生じるように磁界を形成する磁石体（磁石ローラ）が固定状態で備えられている。この磁石ローラから発せられる法線方向磁力線に沿うように、現像剤のキャリアが現像スリーブ上にチェーン状に穂立ちを起し、このチェーン状に穂立ちを生じたキャリアに帯電トナーが付着されて、磁気ブラシが構成される。この磁気ブラシは現像ローラ41の回転によって現像ローラと同方向（図で見て時計回り方向）に移送されることとなる。上記磁石ローラは、複数の磁極（磁石）を備えている。

【0067】上記二成分現像装置40は、現像剤による現像駆動トルクの範囲を $0.15N \cdot m$ 以内に設定してトナー帯電を十分立ち上げさらに十分現像能力を確保した例である。駆動トルクのうち、現像剤の攪拌に使用される分の割合は大きい。現像剤の攪拌はトナーの均一な帯電に必要であるからである。それを決める条件は現像剤量、攪拌に使用する部材、特に最近はスクリュウ形状のものが多く提案されているが、現像剤に当接する面積、接触頻度（回転数）、現像スリーブ中の磁極の磁力、現像剤中のキャリアの飽和磁化、現像剤の規制部材である規制部材の現像スリーブとの間隙、磁力等に依存することが分かっている。これらの条件を組み合わせるとトナーの効率的な帯電を促していたが、現像剤が受ける機械的なハザードが寿命を短くする要因になっており、これを低減することが重要と考える。そこで、本実施形態に係る現像装置では上記、トナーへストレスを与える要因である現像トルクに着目し、余分な磁力を現像剤に及ぼさないようにしている。これにより、経時における現像剤の劣化促進が低減され、現像剤の寿命が最大1000枚以上のレベルに飛躍的に向上した。

【0068】もので、本実施形態では主磁極の磁力 $MD$ が $70(T)$ 、キャリアの飽和磁化 $MC$ が $100(emu/g)$ である。この範囲では磁気ブラシの硬さは適度であり、経時でも現像剤がストレスを受ける事なく使用し続けることができる。その好適な範囲は、 $MD < 60$

( $T$ ) もしくは $MC < 60(emu/g)$ では十分強固な磁気ブラシが形成できず、均一な現像が行えない。また $MD > 80(T)$  もしくは $MC > 130(emu/g)$ では磁気ブラシが現像スリーブ3上で強固に形成されるのでトナーと、キャリアの摩擦力高まり、両者の表面が前者では添加剤の埋まり、後者ではトナーの一部がキャリアに付着する、所謂スペント化現象が発生し、トナーの流動性低減、トナー帯電量の低減により現像特性が著しく劣化して、画像品質も劣化する（図4参照）。なお、ここで用いたキャリアの真比重は $5g/cm^3$ 程度である。

【0069】上記現像ローラ41上のトナーは、感光体ドラム1上に形成された潜像に対して、現像ローラ41に印加された現像バイアスにより現像され、感光体ドラム1上で顕像化される。ちなみに本実施形態では、感光体ドラム1の線速を $200mm/s$ 、現像ローラ41の線速を $300mm/s$ としている。感光体ドラム1の直径を $50mm$ 、現像剤供給部材の直径を $18mm$ 、現像ローラ41の直径を $16mm$ として、現像行程が行われる。ここで現像ローラ41上のトナー帯電量は $-10 \sim -30\mu C/q$ の範囲である。感光体ドラム1の厚みを $28\mu m$ とし、光学系のビームスポット径を $50 \times 60\mu m$ 、光量を $0.23mW$ としている。

【0070】そして、上記感光体ドラム1の帯電（露光前）電位 $V_0$ を $-300V$ 、露光後電位 $V_L$ を $-100V$ として現像バイアス電圧を $-250V$ すなわち現像ポテンシャル（ $V_L - V_B = 150V$ ）として現像工程が行われる。感光体ドラム1上に形成されたトナーの顕像は、その後、転写、定着工程を経て画像として完成される。転写は転写紙もしくは中間転写体の裏側に当接させたバイアス印加したローラもしくはチャージャー等が配設される。

【0071】ところで、本発明者等は、低光量の露光光量を高密度としてビーム径を絞って露光する手法を用いて、いわゆる2値プロセスと称する画像形成装置を提案してきた。ところが、このような画像形成装置においては、露光光量をアップすることによる課題が存在する。一つは高密度の光量のビーム径を絞ることは、光学設計の余裕度が低減し、部品精度の向上が不可欠でコストが上昇してしまう。更にもう一つの点は、露光光量が大きいために感光体ドラム1に対する帯電・露光における、通電電荷量アップによるいわゆる静電ハザードを受けて、感光体ドラム1の寿命が短くなる要因の一つとなる。そこで、本実施形態に係る画像形成装置においては、感光体ドラム1の初期帯電電位を低くすることによって、露光光量も同時に低減する。これにより、汎用光学部品を使用して高精細な潜像を形成することができ、感光体ドラム1への静電ハザードを低減して、感光体ドラム1の長寿命化が可能になる。

【0072】また、本実施形態の現像装置4、40にお

いては、その現像特性における $\gamma$ 曲線（現像電位差に対する現像量）をみると、その傾きが大きく、比較的低電位でも現像し易くすぐに飽和できる。これは、現像ローラ41（あるいは現像スリーブ43）上のトナー担持量を一定にして、ベタ画像で現像ローラ41（あるいは現像スリーブ43）上の多くの割合のトナーを、効率良く現像に寄与させることが比較的容易であることを示す。従って、小径ドットを形成する場合も、トナーの帯電電位を低く抑えることができ、従来の約半分の光量で、ドット潜像を形成でき、均一なドット画像を形成できるようになる。

【0073】ところで、本実施形態に係る現像装置では、その現像剤の磁力は、後述の「式1」のように、キャリア粒径の3乗に比例する磁力というより、各段に大きな隣接キャリア間（本例ではトナーを静電気力で拘束保持した状態の1個のキャリア）で働く、後述の「式5」に示す実効的キャリア粒径の2乗、及び磁束密度の2乗に比例し且つ透磁率 $\mu$ （本例ではキャリアがトナーを静電気力で拘束保持した状態の現像剤としての磁化率に相当）が大きい程大きくなる。つまり、 $(\mu-1)/(\mu+2)=1-2/(\mu+2)$ は、 $\mu$ が大程大きくなる。

【0074】なお、本実施形態に係る現像装置において、上記キャリア抵抗の制約を敢えてしない理由は、高抵抗トナーを含む現像剤としての抵抗は、キャリア抵抗が例えば10の5乗以下でも、現像剤としては通常のトナー被覆率30%以上であれば、現像剤としてはキャリア間にトナーが入り込む為実質10の7乗以上として振舞うことによる。

【0075】また、後述の「7」式で扱うキャリアの本例の帯電量は、1個のキャリアが複数トナーを静電気力で拘束保持した状態を「式7」での1個のキャリアの帯電量と見なしており、1個のキャリア単体の帯電量からこの複数トナーの帯電量を引いた値になり、「式7」で取り扱う静電気力より大分小さい値になると考えられる。すなわち、キャリアのトナー被覆率が少なくなれば、感光体ドラムへのキャリア付着がし易くなり、キャ\*

$$f = -(\mathbf{m} \cdot \nabla) \mathbf{B}$$

$$\mathbf{m} = \frac{\mu-1}{\mu+2} b^3 \cdot \mathbf{B} \text{ とすると}$$

$$f = -\left(\frac{\mu-1}{\mu+2}\right) b^3 \left[ \left( B_x \frac{\partial B_x}{\partial x} + B_y \frac{\partial B_y}{\partial x} \right) \hat{i} + \left( B_x \frac{\partial B_x}{\partial y} + B_y \frac{\partial B_y}{\partial y} \right) \hat{j} \right] \\ = F_x \hat{i} + F_y \hat{j} \quad \dots (1)$$

この式1から、キャリアの吸引力 $F_m$ を算出できる。

【0079】次に、隣接するキャリアに引き付けられる力について説明する。ここでは、説明を簡単にするため、均一な磁場中における2つの粒子間の相互作用について考える。磁化した直径 $b$ のキャリアの、中心からの距離 $r$ における磁界は、次の「式2」で表される。

【数2】

\* リア粒径が小さくなる程（但し、磁化率と比重は同じとする）、トナー濃度下限を高くする必要がある。そこで、本例では、キャリアのトナー被覆率を30%以上としている。

【0076】なお、上述のような感光体ドラムへのキャリア付着に効く要因には多くあるが、ここでは、この要因の中のキャリア（合体トナー含）の帯電量、磁化率、磁界の三つについて特に着目した。本発明者らが検討したキャリアにかかる力を考慮したキャリア付着要因を、以下に説明する。上記キャリア付着の対策は、現像ローラ（マグネットローラ）の磁場設計を行なう上で重要な要因となる。そこで、簡易モデルにより、キャリアにかかる力を比較し、キャリア付着に有効な因子と条件とを検討した。ここでは、磁気ブラシ先端のキャリアにかかる力として、磁気吸引力、静電気力、遠心力を検討した。

【0077】一般的に、磁界に沿って形成させた磁気ブラシ先端のキャリアにかかる力は、孤立したキャリアより数100倍で、隣合うキャリアに引き付けられる。また、磁気ブラシ先端にかかる力は、磁界の強さに依存する。さらに、静電気力は遠心力と比較して数100倍強い。これらのことから、キャリア付着は、現像ニップの出口における磁気ブラシ先端のキャリアにかかる磁気力が、静電気力より弱いことで発生すると考えらる。そこで、マグネットローラを変えて、キャリア付着実験を行った。この結果、上記現像ニップの出口付近の磁界を増加させ、磁気ブラシ先端のキャリア間の相互作用力を強くすることにより、キャリア付着の余裕度が増加することが確認された。

【0078】ここで、現像剤の磁氣的な力としては、孤立したキャリアが受ける磁場的力と、磁気ブラシ形成時に隣接するキャリアによる相互作用力とを検討した。孤立したキャリアが受ける磁場的力 $f$ は、cgs単位系において、キャリアの粒子半径を $b$ 、透磁率を $\mu$ 、外部磁束密度を $B$ とすると、次の「式1」で表される

【数1】

$$Hr = H_0 \cos \theta \left[ 1 + 2 \left( \frac{\mu-1}{\mu+2} \right) \left( \frac{b}{r} \right)^3 \right] \quad \dots (2)$$

【0080】また、キャリアの磁化が外部磁界に平行に形成されたとすると、式2で、 $\theta=0$ となる。隣接するキャリアの影響のみ考慮した場合、キャリアの磁化により磁気モーメントは、次の「式3」で表される。

【数3】

$$F_r = m v^2 / r = m \left[ 1 + 2 \left( \frac{\mu-1}{\mu+2} \right) \left( \frac{b}{r} \right)^3 \right] \dots (3)$$

\*

$$F_r = -24 \left( \frac{\mu-1}{\mu+2} \right)^2 b^2 H_0^2 \left[ \left( \frac{b}{r} \right)^4 + 4 \left( \frac{\mu-1}{\mu+2} \right) \left( \frac{b}{r} \right)^7 + 3 \left( \frac{\mu-1}{\mu+2} \right)^2 \left( \frac{b}{r} \right)^{10} \right] \dots (4)$$

【0082】ここで、キャリア間が接している場合、 $r = 2b$ で接するとすると、上記「式4」は、次の「式5」で表される。

$$F_r = -24 \left( \frac{\mu-1}{\mu+2} \right)^2 b^2 H_0^2 \left[ \left( \frac{1}{2} \right)^4 + 4 \left( \frac{\mu-1}{\mu+2} \right) \left( \frac{1}{2} \right)^7 + 3 \left( \frac{\mu-1}{\mu+2} \right)^2 \left( \frac{1}{2} \right)^{10} \right] \dots (5)$$

【0083】キャリアに作用する遠心力は、スリーブの接線方向に働き、次の「式6」で表される。

$$F_r = m v^2 / r \quad (6)$$

ここで、キャリア半径を $b = 0.0025 \text{ cm}$ 、比重を5とすると、キャリア1個当たりの質量は、 $m = 1.84 \times 10^{-7} \text{ g}$ となる。よって、スリーブ径を $\phi 16$ 、スリーブ回転数を $349 \text{ rpm}$ とすると、 $v = 29.2 \text{ cm/sec}$ であり、 $r$ をキャリア7個分の長さ $0.035 \text{ cm}$ とすると、上記「式6」から、キャリアに作用する遠心力は、 $F_r = 0.004 \text{ dyn}$ （静電気力や磁力に較べ桁違いに小さい力）となる。

【0084】次に、キャリアの静電気力について説明する。電界を $E_{pc}$ とすると、帯電量 $Q$ のキャリアにかかる静電気力は、一次近似として、次の「式7」で表されると考えられる。

$$E_{pc} = V / (G_p / \epsilon_c + t_{opc} / \epsilon_{opc}) \quad (8)$$

【0087】上記キャリア付着は、次のようなプロセスで観察された。

①現像ニップ中であれば、磁気ブラシの立ち上り時、もしくは、現像ニップ通過による磁気ブラシ開放時に、スリーブ-感光体ドラム間より長い磁気ブラシが形成される。

②先端の磁気ブラシが電氣的に感光体に拘束される。

③線速差により磁気ブラシが折れ曲がる、もしくは、磁束密度ベクトルに沿わない形状になる。

④磁気ブラシが分離し、先端のキャリアが感光体に付着する。

【0088】また、現像ニップ中で、感光体ドラムに付着したキャリアは、後続の磁気ブラシに捕獲された。つまり、現像ニップを通過後の感光体ドラムへのキャリア付着は、現像ニップ後端で感光体ドラムにキャリアが付着した場合のみ発生した。また、磁気ブラシが磁束密度ベクトルに沿わないと、磁気ブラシを構成するキャリア間の拘束力が低下し、磁気ブラシが分離する。このこと

\*【0081】そして、スリーブ表面からの距離 $r$ におけるキャリア粒子間の力は、次の「式4」で表される。

【数4】

$$\star F_e = Q \cdot E_{pc} + Q^2 / 4\pi\epsilon_0 b^2 \quad (7)$$

【0085】次に、キャリアの帯電量2つについて説明する。 $TC = 5\%$ とすると、剤 $1 \text{ g}$ 中のキャリアの量は、 $0.95 \text{ g}$ である。キャリア1個当たりの質量が、 $m = 2.45 \times 10^{-7} \text{ g}$ なので、 $0.95 \text{ g}$ のキャリアの個数は、約 $3.86 \times 10^6$ 個である。ここで、トナーの帯電量を、 $Q = 25 \mu\text{C/g}$ とすると、剤中のキャリアの帯電量は、 $25 \times 0.05 = 1.25 \mu\text{C/g}$ となる。よって、キャリア1個当たりの帯電量は、 $3.3 \times 10^{-13} \text{ C/個}$ となる。

【0086】次に、現像領域の電界 $E_{pc}$ について説明する。地肌ポテンシャルを $V$ 、スリーブ-感光体距離を $t_c$ 、現像剤の誘電率を $\epsilon_c$ 、感光体ドラムの厚みを $t_{opc}$ 、誘電率を $\epsilon_{opc}$ 、とすると、電界 $E_{pc}$ は、近似的に、次の「式8」で表される。

を検討するため、2個キャリアの並びに対する磁束密度の角度を変化させ、キャリア間の磁氣的拘束力 $F_x$ の変化を計算した。この結果を下図に示す。キャリアの配列が磁束密度ベクトルに沿わなくなるほど、磁気拘束力が低下することが分かる。

【0089】このようなことから考えられるキャリア付着要因としては、

①電気引力（感光体-キャリアの付着力、キャリアの帯電量、電界）、②磁気拘束力（磁場およびキャリア特性、キャリアの個数、配置）、③剤の搬送性（摩擦係数（キャリア-キャリア間）、摩擦係数（スリーブ-キャリア間）、線速比）が挙げられる。

【0090】また、上記キャリアの磁化率とキャリアと一体的に振舞うトナー（トナー被覆率 $100\%$ 以下）の合わせた磁化率と、キャリア付着との間には、表1に示すような相関があることが確認された。

【表1】

C01005398

キャリア				トナー				現像剤			
真比重	磁化率	従来磁化率	重量比率	真比重	磁化率	従来磁化率	重量比率	真比重	磁化率	従来磁化率	キャリア付着
$\rho_c$	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$\omega_c$	$\rho_r$	$\sigma_r$	$\sigma_{ro}$	$\omega_r$	$\rho_D$	$\sigma_D$	$\sigma_{oo}$	
g/cc	emu/cc	emu/cc	g/cc	g/cc	emu/cc	emu/cc	g/cc	g/cc	emu/cc	emu/g	
5	300	60	0.9	1.15	0	0	0	3.745928	2022801	54	O(無し)
5	300	60	0.8	1.15	0	0	0	0.2	2994762	48	O(無し)
5	300	60	0.7	1.15	0	0	0	0.3	2494577	42	O(無し)
5	300	60	0.5	1.15	0	0	0	0.5	1868919	30	O(無し)
5	300	60	0.465	1.15	0	0	0	0.535	1791417	27.9	X(多量)
5	300	60	0.4	1.15	0	0	0	0.6	186185	24	X(多量)
5	300	60	0.3	1.15	0	0	0	0.8	132336	18	X(多量)
5	300	60	0.2	1.15	0	0	0	0.9	1215045	12	X(多量)
5	450	90	0.9	1.15	0	0	0	0.1	3745928	81	O(無し)
5	450	90	0.8	1.15	0	0	0	0.2	2994762	72	O(無し)
5	450	90	0.7	1.15	0	0	0	0.3	2494577	63	O(無し)
5	450	90	0.6	1.15	0	0	0	0.4	2137546	54	O(無し)
5	450	90	0.5	1.15	0	0	0	0.5	1868919	45	O(無し)
5	450	90	0.4	1.15	0	0	0	0.6	186185	36	O(無し)
5	450	90	0.35	1.15	0	0	0	0.65	1574264	31.5	X(多量)
5	450	90	0.3	1.15	0	0	0	0.7	1495449	27	X(多量)
5	450	90	0.2	1.15	0	0	0	0.8	1359338	18	X(多量)
5	450	90	0.2	1.15	0	0	0	0.9	1215045	12	X(多量)
5	450	90	0.9	1.5	30	30	20	0.1	4054054	56	O(無し)
5	300	60	0.8	1.5	30	30	20	0.2	3409091	52	O(無し)
5	300	60	0.7	1.5	30	30	20	0.3	2941178	48	O(無し)
5	300	60	0.5	1.5	30	30	20	0.5	2307682	40	O(無し)
5	300	60	0.4	1.5	30	30	20	0.6	2033333	36	O(無し)
5	300	60	0.3	1.5	30	30	20	0.7	1898734	32	O(無し)
5	300	60	0.2	1.5	30	30	20	0.79	1756499	28.4	X(多量)
5	300	60	0.2	1.5	30	30	20	0.8	1744166	26	X(多量)
5	300	60	0.1	1.5	30	30	20	0.9	1612903	24	X(多量)

【0091】これにより、上記キャリアの磁化率と真比重、トナーの磁化率と真比重、現像剤のトナー濃度の組み合わせで、磁気的なキャリア防止条件を推定することができる。

【0092】上述のように、請求項1、4乃至17の現像装置においては、小粒径のキャリアを使用し、且つ高トナー濃度現像剤の磁化率の下限を保証しているため、感光体ドラム1へのキャリア付着を防止できるようになる。特に、請求項4の現像装置においては、キャリアの磁化率の下限保証により、キャリアに働く磁力の下限を

保証でき、感光体ドラム1へのキャリアの付着を防止できるようになる。また、請求項5の発明においては、キャリアの静電誘導荷電の抑制により、キャリアに働く静電気力を抑制でき、感光体ドラム1へのキャリアの付着を防止できるようになる。また、請求項6の発明においては、トナーの帯電電荷量の下限管理で、トナーとキャリアとの静電気力の下限を保証でき、キャリアからのトナーの浮遊・遊離が防止され、トナー飛散を防止できるようになる。また、請求項7の発明においては、磁界強度の加下限の保証により、現像剤に働く磁力下限を保証



＊いう優れた効果がある。請求項３の発明によれば、緻密、滑らか且つ地肌汚れの無い高品質画像形成、トナー飛散・落ち防止、キャリア付着防止を同時に全て達成できる画像形成装置を提供するという優れた効果がある。

【図 1】本発明が適用されるプリンタの概略構成図。

【図3】上記プリンタで用いられる他の現像装置を示す概略構成図。

【図5】上記現像装置で用いられる現像剤のトナーの一例を示す概略図。

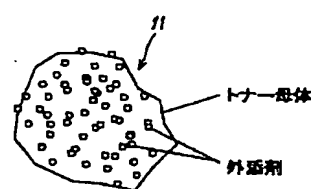
【図6】上記現像装置で用いられる現像剤の一例を示す概略図。

【符号の説明】

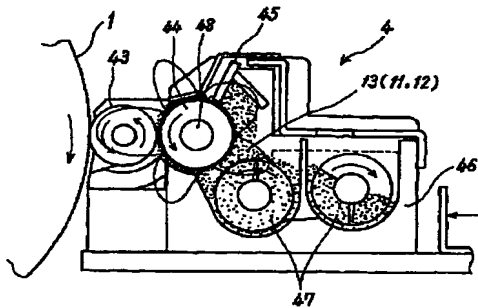
- |     |          |
|-----|----------|
| 1   | 感光体ドラム   |
| 2   | 帯電装置     |
| 4   | 現像装置     |
| 4 a | 現像ローラ    |
| 5   | 転写装置     |
| 6   | 定着装置     |
| 7   | クリーニング装置 |
| 8   | 除電ランプ    |
| 1 1 | トナー      |
| 1 2 | キャリア     |
| 1 3 | 2成分現像剤   |
| 4 0 | 二成分現像装置  |
| 4 1 | 現像ローラ    |
| 4 3 | 現像スリーブ   |
| 4 4 | トナー供給ローラ |
| 4 5 | ドクターブレード |
| 4 6 | 現像ケーシング  |
| 4 7 | 攪拌・搬送部材  |
| P   | 記録紙      |

【発明の効果】請求項1、4乃至17の発明によれば、乾式二成分現像剤からなる磁気ブラシ先端の凹凸による対向部材へのトナー付与電界ムラの影響が画像に出ない様に小粒径キャリア、高トナー濃度現像剤を用いた画像形成方式において、現像剤の下限磁化特性を管理しているので、緻密、滑らか且つ地肌汚れの無い高品質画像形成、トナー飛散・落ち防止、キャリア付着防止を同時に全て達成できるという優れた効果がある。請求項2の発明によれば、緻密、滑らか且つ地肌汚れの無い高品質画像形成、トナー飛散・落ち防止、キャリア付着防止を同時に全て達成できる画像形成方法を提供できると\*

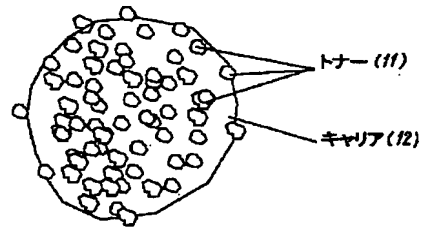
【圖 5】



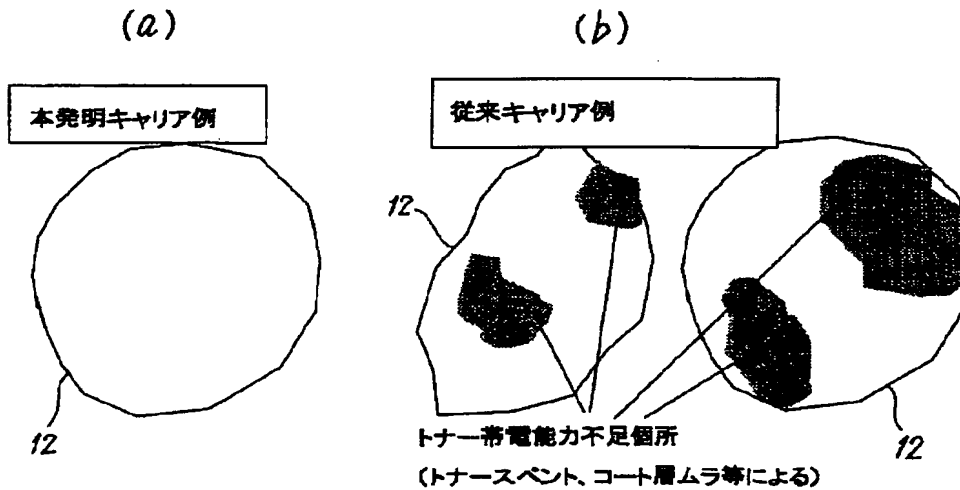
【図2】



【図6】



【図4】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
G 0 3 G 15/08

識別記号  
5 0 4  
5 0 7

F I  
G 0 3 G 15/08  
9/10

テーマコード (参考)

5 0 7 L  
3 2 1

(72)発明者 後藤 一雄  
東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式  
会社リコー内  
(72)発明者 池口 弘  
東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式  
会社リコー内

Fターム (参考) 2H005 BA00 EA02 EA05 EA10 FA02  
2H031 AB02 AC04 AC13 AC23 AC24  
AD01 AD16 BA06 BA08 BA09  
CA07 DA01  
2H077 AB02 AC12 AD02 AD06 AD13  
AD35 AE06 CA11 EA03 EA15

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**